

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-355209

(43)Date of publication of application : 24.12.1999

(51)Int.Cl.

H04B 10/02  
H04B 10/18  
H04B 10/152  
H04B 10/142  
H04B 10/04  
H04B 10/06

(21)Application number : 10-163561

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 11.06.1998

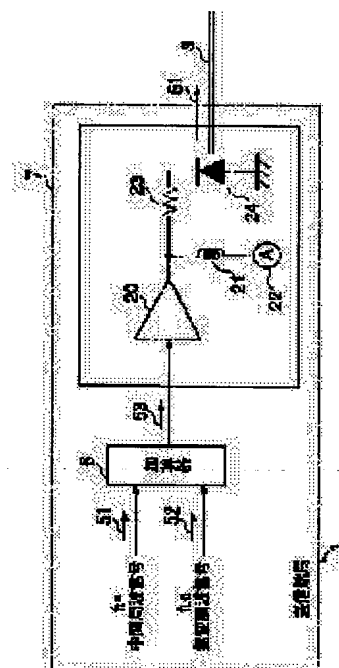
(72)Inventor : SETO ICHIRO  
OSHIMA SHIGERU  
TOMIOKA TAZUKO

## (54) LIGHT ANALOG TRANSMITTER

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a light analog transmitter which does not deteriorate a carrier to noise ratio(CNR) of an intermediate frequency signal when a laser is directly modulated by a signal, which is the combines of an intermediate frequency signal and an unmodulated wave signal, and is transmitted to the transmitter from a transmission terminal station.

**SOLUTION:** This device is a light analog transmitter which is equipped with a combining means 6 which combines an intermediate frequency signal modulated by information to be transmitted and an unmodulated wave signal being a sine wave, and a means 7 for subjecting the combined signal to electrical to optical conversion by direct modulation of a semiconductor laser diode with a resonance frequency  $f_r$  and transmitting the result to an optical fiber 3. In this case, the condition that the frequency  $f_{IF}$  of the intermediate frequency signal and the frequency  $f_{LO}$  of the unmodulated wave signal satisfy the conditions  $f_{LO} - f_{IF} \geq 1$  [GHz] and  $2f_{IF} < f_{LO} < (2/3)f_r$ .



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 15.02.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-355209

(43)公開日 平成11年(1999)12月24日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 4 B 10/02  
10/18  
10/152  
10/142  
10/04

H 0 4 B 9/00

M  
L

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 17 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平10-163561

(22)出願日 平成10年(1998)6月11日

(71)出願人 000003078

株式会社東芝  
神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 瀬戸 一郎

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株  
式会社東芝研究開発センター内

(72)発明者 大島 茂

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株  
式会社東芝研究開発センター内

(72)発明者 富岡 多寿子

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株  
式会社東芝研究開発センター内

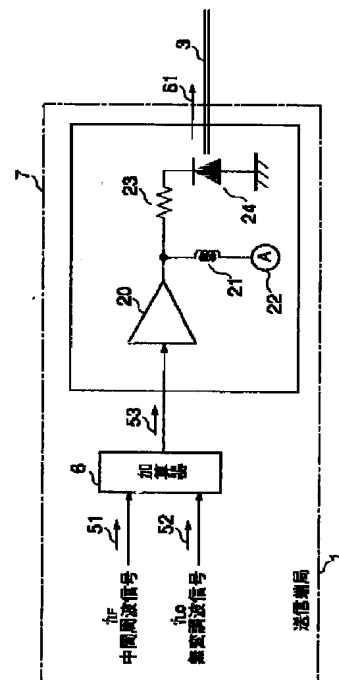
(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

(54)【発明の名称】 光アナログ伝送装置

(57)【要約】

【課題】送信端局から送信装置に、中間周波信号と無変調波信号を合波した信号で、レーザを直接変調して伝送する際、中間周波信号のCNR(Carrier-to-Noise Ratio)を劣化させない光アナログ伝送装置を提供すること。

【解決手段】伝送する情報で変調された中間周波信号と正弦波である無変調波信号を合波する合波手段6と、該合波した信号を、共振周波数が $f_r$ である半導体レーザダイオードの直接変調により電気/光変換して、光ファイバ3に伝送する手段7を備えた光アナログ伝送装置であって、該中間周波信号の周波数 $f_{IF}$ と該無変調波信号の周波数 $f_{L0}$ が、 $f_{L0} - f_{IF} \geq 1$  [GHz] 及び  $2f_{IF} < f_{L0} < (2/3) \cdot f_r$  なる条件を満たす。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】伝送する情報で変調された中間周波信号と、正弦波である無変調波信号とを合波する手段と、この合波した信号を、共振周波数が $f_r$ である半導体レーザー素子の直接変調により電気／光変換して、下り用の光ファイバに伝送する手段とを備えると共に、前記レーザー素子の共振周波数を $f_r$ としたとき、前記中間周波信号の周波数 $f_{IF}$ と前記無変調波信号の周波数 $f_{L0}$ は、

$$f_{L0} - f_{IF} \geq 1 \text{ [GHz]} \text{ 及び } 2f_{IF} < f_{L0} < (2/3) \cdot f_r$$

の条件を満たす構成とすることを特徴とする光アナログ伝送装置。

【請求項2】請求項1に記載の光アナログ伝送装置において、

中間周波信号と無変調波信号を合波する合波手段と、該合波した信号を、共振周波数が $f_r$ である半導体レーザー素子の直接変調により電気／光変換して、光ファイバに伝送する手段とを備えると共に、

前記中間周波信号の周波数帯 $f_{IF}$ を、 $f_{IF} < 1 \text{ [GHz]}$ とし、前記無変調波信号の周波数帯 $f_{L0}$ を、 $2 \text{ [GHz]} < f_{L0}$ とすることを特徴とする光アナログ伝送装置。

【請求項3】請求項1または2いずれか1項に記載の光アナログ伝送装置において、

前記光ファイバにて伝送された光信号を受信する光／電気変換手段と、

前記受信信号を前記中間周波信号と前記無変調波信号に分離する手段と、

この分離した無変調波信号を用いて中間周波信号の周波数を変換することにより、無線周波信号を得る手段と、この得られた無線周波信号を送信する手段と、を備えることを特徴とする光アナログ伝送装置。

【請求項4】請求項1または2いずれか1項に記載の光アナログ伝送装置において、

前記光ファイバを伝送された光信号を受信して電気信号に変換して出力する光／電気変換手段と、

この変換されて出力された電気信号から前記中間周波信号と前記無変調波信号とを分離する分離手段と、

これらの分離された信号のうち、無変調波信号を逡倍する逡倍手段と、

この逡倍された無変調波信号を用い、前記分離された中間周波信号を周波数変換し、無線周波信号を得る手段と、

この得られた無線周波信号を送信する手段と、を備えることを特徴とする光アナログ伝送装置。

【請求項5】請求項3に記載の光アナログ伝送装置において、

無線信号を受信して無線周波数の電気信号として得る受信手段と、

前記分離手段で得られた前記無変調波信号を用いて、前記受信手段にて得た無線周波数の電気信号を周波数変換し、中間周波信号を得る受信系の周波数変換手段と、前記受信系の周波数変換手段にて得られた中間周波信号を光信号に変換し、上り用の光ファイバに伝送する手段と、を備えることを特徴とする光アナログ伝送装置。

【請求項6】請求項4に記載の光アナログ伝送装置において、

無線信号を受信して無線周波数の電気信号として得る受信手段と、

前記分離手段で得られた前記無変調波信号を所望逡倍して出力する逡倍手段と、

この逡倍手段により得られた逡倍された無変調波信号を用いて、前記受信手段にて得た無線周波数の電気信号を周波数変換し、中間周波信号を得る受信系の周波数変換手段と、

前記受信系の周波数変換手段にて得られた中間周波信号を光信号に変換し、上り用の光ファイバに伝送する手段と、を備えることを特徴とする光アナログ伝送装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、無線信号等の高周波信号を光ファイバを用いて伝送する光アナログ伝送装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年の移動通信の発展に伴い、無線通信サービスエリアの拡大が求められており、電波周波数資源を有効活用する意味で、また、無線基地の設備のコストダウンを図るために、一つ一つの無線ゾーン（セル）は小さくし、代わりに無線ゾーンを多数、高密度に配置するといった方式が注目されている。これを無線ゾーンのピコセル化と云うが、このピコセル化を実現するため、送信装置と送信端局を光ファイバで接続する無線通信基地局構成が考えられている。

【0003】つまり、無線基地局は送信端局と送信装置とを備えるが、一つの送信端局あたりの送信装置は複数とし、そして、各送信装置は出力を小さくしてコストダウンを図ると共に、各送信端局は送信端局から受けた送信信号を送信する。

【0004】送信装置は、主にアンテナ部で構成されており、各セルに配置される。送信端局は、各セルの複数の送信装置に対応した変復調器、制御器を一括して備える。そして、送信装置と送信端局の間の光ファイバを介して、無線情報信号を光アナログ伝送する。この構成であれば、送信装置を簡易化、小型化でき、多数のセルを一つの無線通信基地局で提供できる。

【0005】上記の光アナログ伝送には送信すべき電気信号（無線情報信号）を光信号に変換するために、電気／光変換手段（E/O変換手段）を用いる。そして、このE/O変換手段は、半導体レーザー素子の出力光を無線

情報信号で変調して出力するものを用いるが、当該変調の手法としては、半導体レーザ素子を直接変調する方式あるいは外部光変調器による変調方式のいずれかが採用される。

【0006】これら2方式の優劣を比較してみると、変調歪特性、装置規模、装置コスト等を考慮した場合には、レーザ素子の直接変調の方が優れている。しかし、技術動向は無線周波信号の大容量化に伴う搬送波周波数の2 [GHz] ~5 [GHz] 帯への移行と云ったより高周波化方向への向かう流れが鮮明となっているのに対し、代表的なレーザ素子である分布帰還型レーザ素子(DFB-LD)における、比較的変調歪が小さい変調周波数領域は、せいぜい2~3 [GHz] 以下である。そのため、無線周波信号によるレーザ素子の直接変調は困難となりつつある。

【0007】そこで、例えば、特開平6-164427号公報に示されるように、情報信号で変調された中間周波信号と正弦波である無変調波信号を重畳して、送信端局から送信装置へ光アナログ伝送するといった方式が提案されている。

【0008】この公報における提案の伝送方式は、送信装置側において、受信した無変調波信号を通信倍して得た通信波で中間周波信号の周波数変換を行い、無線周波信号を得るという方式である。但し、使用するレーザ素子は、変調歪特性の優れた低い周波数帯域部分で用いることを目的としており、無変調波信号を中間周波信号の周波数の近いところに重畳することを特徴としている。

【0009】そして、上記公報に記載されている実施例によれば、図12に示されるように、300 [MHz] の無変調波信号を200 [MHz] 帯の中間周波信号に重畳している。そして、この方式の場合、送信装置側では、無線周波信号の雑音特性を確保し、周波数安定度の品質を高めるためには、受信する中間周波信号及び無変調波信号のCNR (Carrier-to-Noise Ratio: キャリア対雑音比) が高くなければならない。つまり、雑音レベルが小さくなければならない。

【0010】ところが、無変調波信号の近傍の周波数帯においては、RIN (Relative Intensity Noise: 相対強度雑音) が増加してしまうため、従来例のように、無変調波信号が中間周波信号の周波数帯の近くに配置されていると、CNRの劣化が生じる。

【0011】例えば、図13は本願発明者らの実験により得た結果であるが、中間周波信号帯を500 [MHz]、無変調波信号帯を550 [MHz] とした場合では、この図13に示すように、無変調波信号の変調度に応じて、特に変調度が15 [%] 以上になると、RIN特性が著しく劣化しているのがわかる。そのため、無線周波信号の通信品質が大きく劣化することになる。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】 光ファイバで、無線変

調波信号を光伝送しようとする場合、当該無線変調波信号でレーザ素子を直接変調変調して無線変調波信号の光信号を得るようにするのが最も良いが、レーザ素子の特性上、利用可能な周波数範囲はせいぜい2~3 [GHz] 程度である。

【0013】しかし、近年では光伝送はそれ以上の周波数帯で利用することが要求されてきており、これではレーザ素子の直接変調は利用できない。そこで、送信装置側において、受信した無変調波信号を通信倍して得た通信波で中間周波信号の周波数変換を行い、無線周波信号を得るという方式が提案された。

【0014】しかし、この提案方式の場合、中間周波信号と無変調波信号を合波して、半導体レーザの直接変調により光信号に変換し、光ファイバに送って伝送する光アナログ伝送するにあたり、中間周波信号と無変調波信号の周波数帯が近いと、RINの増加により、各信号のCNRの劣化が生じるという問題がある。

【0015】特に、無変調波信号の変調度が大きくなると、RINの増加は著しい。そのため、中間周波信号を無変調波信号により周波数変換して発生させた無線周波信号は、雑音が多く、伝送特性が劣化する。また、雑音を多く含む無線周波信号を送信することで、他の無線周波信号に対してその雑音の影響を与えてしまうことになり、他の無線通信を妨害することになる。従って、このような問題点の解決を図ることが要求される。

【0016】そこで、この発明の目的とするところは、中間周波信号と無変調波信号を合波した信号で、レーザを直接変調して光アナログ伝送する際に、無変調波信号の変調度を大きくしても、中間周波信号のCNRを劣化させず、また、送信装置側にCNRの優れた中間周波信号及び無変調波信号を伝送することで、雑音特性の優れた無線周波信号を発生できる光アナログ伝送装置を提供することにある。

【0017】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するため、本発明は次のように構成する。すなわち、

〔1〕第1の本発明(第1の請求項)に係わる光アナログ伝送装置は、伝送する情報で変調された中間周波信号と、正弦波である無変調波信号とを合波する手段と、この合波した信号を、共振周波数が $f_r$ である半導体レーザ素子の直接変調により電気/光変換して、下り用の光ファイバに伝送する手段とを備えと共に、前記レーザ素子の共振周波数を $f_r$ としたとき、前記中間周波信号の周波数 $f_{IF}$ と前記無変調波信号の周波数 $f_{LO}$ は、 $f_{LO} - f_{IF} \geq 1$  [GHz] 及び  $2f_{IF} < f_{LO} < (2/3) \cdot f_r$  の条件を満たす構成とすることを特徴とする。

【0018】この構成においては、情報で変調された中間周波信号と正弦波である無変調波信号を合波手段で合波すると共に、この合波した信号を、共振周波数が $f_r$ である半導体レーザダイオードの直接変調により電気/

光変換して、光ファイバに伝送する。

【0019】使用する半導体レーザダイオードの共振周波数を $f_r$ としたとき、本発明の光アナログ伝送装置の場合、中間周波信号の周波数 $f_{IF}$ と該無変調波信号の周波数 $f_{L0}$ が、

$$f_{L0} - f_{IF} \geq 1 \text{ [GHz]} \text{ 及び } 2f_{IF} < f_{L0} < (2/3) \cdot f_r$$

の条件を満たすようにする。

【0020】すなわち、この構成は送信端局側で採用する構成であり、送信端局側では、伝送したい情報で変調した中間周波数帯の信号である中間周波信号 $f_{IF}$ と無線周波信号（周波数 $f_{MW}$ ）に周波数アップコンバージョンするために用いる正弦波の無変調波信号 $f_{L0}$ とを合波してから光信号に変換し、光ファイバに送り出す。そして、この光信号変換には半導体レーザ素子を用い、この半導体レーザ素子の電流を前記合波した信号対応に制御することで伝送すべき信号を光信号化する。

【0021】半導体レーザ素子は、通常、周波数帯の低域側にいくほど、変調歪特性、RIN特性が優れているため、情報信号を含む $f_{IF}$ なる周波数帯の中間周波信号を $f_{L0}$ よりも低域側に配置する。 $f_{L0}$ は正弦波の無変調波信号であるため、歪には耐力がある。

【0022】図3に、半導体レーザ素子における、無変調波信号の周波数 $f_{L0}$ に対する $f_{IF}$ 帯のRIN特性を示す。 $f_{IF}$ は1 [GHz]であり、 $f_{L0}$ の変調度は40 [%]で周波数を1.2 [GHz]、2 [GHz]、3 [GHz]、3.5 [GHz]、4 [GHz]と変化させた。無変調波信号 $f_{L0}$ が重畳されていない場合のRINは、-152 [dB/Hz]であった。RIN値は、 $f_{L0}$ のスペクトル成分に影響を受け、 $f_{L0}$ に近い周波数帯ほど劣化が大きい。

【0023】そして、 $f_{L0}$ から離れるに従って改善されていく。図3に示されるように、 $f_{L0} - f_{IF} \geq 1$  [GHz]となると、RIN値は、 $f_{L0}$ が重畳されていない場合の値に漸近し安定する。

【0024】図4に、 $f_{IF} = 120$  [MHz]における $f_{L0}$ に対するRINを示す。 $f_{L0}$ の変調度は、図3と同様に40 [%]とした。 $f_{L0}$ が重畳されていない場合のRINは、-164.0 [dB/Hz]であった。

【0025】図4より、 $f_{L0}$ が、 $f_{IF}$ に近く1 [GHz]内に配置されていると（つまり、 $f_{L0} - f_{IF} < 1$  [GHz]であると）、RIN値が-160 [dB/Hz]以上であり、大きく劣化している。しかし、 $f_{L0} - f_{IF} \geq 1$  [GHz]である $f_{L0} = 2$  [GHz]では、RIN値は-162 [dB/Hz]となり、劣化が抑圧されていることがわかる。

【0026】故に、 $f_{L0} - f_{IF} \geq 1$  [GHz]の配置とすることで、RIN特性の改善効果が図れる。また、半導体レーザ素子は、通常、電気/光変換特性が非線形であり、レーザ素子を直接変調した際に、 $f_{L0} \pm f_{IF}$

の周波数に、 $f_{L0}$ と $f_{IF}$ の相互変調歪が現れ、雑音増加の要因となる。そのため、 $f_{L0} \pm f_{IF}$ も考慮して、 $f_{L0}$ の $f_{IF}$ に対する配置が重要である。低域側歪の周波数 $f_{L0} - f_{IF}$ が $f_{IF}$ の周波数帯に重なると、前述のように、その周辺の帯域のRIN特性が劣化することになる。

【0027】そこで、 $f_{L0} > 2f_{IF}$ と設定して、 $f_{L0} - f_{IF} > f_{IF}$ の関係をつくり、RIN特性劣化の影響を回避する。また、半導体レーザ素子には、ある特定の周波数で変調度が極めて高くなる共振周波数 $f_r$ が存在する。

【0028】これは、半導体レーザ素子のキャリア及び光子の寿命時間によるバイアス電流に対する時間遅れが、変調周期と一致して、レーザ素子の変調度が相加されて極めて大きくなるものである。この $f_r$ に変調が加わると、レーザ素子の特性が不安定になりRINが周波数全域にわたって増加してしまう。そのため、高域側歪の周波数 $f_{L0} + f_{IF}$ が、 $f_r$ よりも小さいところになるように、 $f_{L0}$ を配置する必要がある。そして、 $2f_{IF} < f_{L0}$ 及び $f_{L0} + f_{IF} < f_r$ の条件から、この $f_{L0}$ は、 $f_{L0} < (2/3) \cdot f_r$ となる。

【0029】[2]また、第2の本発明（第2の請求項）に係わる光アナログ伝送装置は、前記[1]項記載の光アナログ伝送装置において、中間周波信号と無変調波信号を合波する合波手段と、該合波した信号を、共振周波数が $f_r$ である半導体レーザ素子（例えば、半導体レーザダイオード）の直接変調により電気/光変換して、光ファイバに伝送する手段を備えた光アナログ伝送装置であって、該中間周波信号の周波数帯 $f_{IF}$ が、 $f_{IF} < 1$  [GHz]であり、該無変調波信号の周波数帯 $f_{L0}$ が、 $2$  [GHz] <  $f_{L0}$ であることを特徴とする。

【0030】半導体レーザ素子、すなわち、半導体レーザダイオードとしては、分布帰還型半導体レーザ素子（DFB-LD）、あるいはファブリーペロー型半導体レーザ素子（FP-LD）が使用される。特に、DFB-LDは、多チャンネル信号のダイナミックレンジを抑圧する変調歪が小さく、アナログ伝送に適している。しかし、DFB-LDにおいても、変調歪特性が小さく、雑音量が低い周波数帯は、通常、1 [GHz]以下である。

【0031】情報信号である中間周波信号はその周波数 $f_{IF}$ を、 $f_{IF} > 1$  [GHz]の範囲に配置すると、変調歪特性の劣化、雑音の増加から、ダイナミックレンジが抑圧されてしまうため、 $f_{IF} < 1$  [GHz]に配置することが望まれる。

【0032】比較的低い周波数帯での無変調波信号周波数-RIN特性図である図3における $f_{IF} = 1$  [GHz]の場合でのRIN値と、比較的高い周波数帯での無変調波信号周波数-RIN特性図である図4における $f_{IF} = 120$  [MHz]の場合でのRIN値からもわかるよう

に、無変調波信号周波数  $f_{IF} = 120$  [MHz] の方が、およそ  $10$  [dB/Hz] ほど RIN 特性が優れている。

【0033】以上から、中間周波信号  $f_{IF}$  と無変調波信号  $f_{LO}$  の周波数配置を、 $f_{IF} < 1$  [GHz]、 $f_{LO} > 2$  [GHz] とすると、RIN 特性及び変調歪の影響を受けずに、伝送特性を良好に保てることになる。

【0034】[3] 第3の本発明（第3の請求項）に係わる光アナログ伝送装置は、前記[1]項または[2]項に記載の光アナログ伝送装置において、さらに前記光ファイバにて伝送された光信号を受信する光／電気変換手段と、前記受信信号を前記中間周波信号と前記無変調波信号に分離する手段と、この分離した無変調波信号を用いて中間周波信号の周波数を変換することにより、無線周波信号を得る手段と、この得られた無線周波信号を送信する手段とを備えることを特徴とする。

【0035】この構成は端局装置から離れた位置に送信装置を配置する場合の受信装置側の構成であり、この構成の場合、端局装置側から光ファイバを介して伝送されてきた光信号を光／電気変換手段にて電気信号に戻し、該電気信号を中間周波信号と無変調波信号に分離する。そして、分離した無変調波信号を用いて中間周波信号の周波数を変換し、無線周波信号化にした上で、空中に伝送する。

【0036】送信端局側では、伝送したい情報で変調した中間周波数帯の信号である中間周波信号  $f_{IF}$  と無線周波信号（周波数  $f_{MW}$ ）に周波数アップコンバージョンするために用いる正弦波の無変調波信号  $f_{LO}$  とを合波してから光信号に変換し、光ファイバに送り出す。そして、この光信号変換には半導体レーザ素子を用い、この半導体レーザ素子の電流を前記合波した信号対応に制御することで行う。

【0037】半導体レーザ素子としては、分布帰還型半導体レーザ素子（DFB-LD）、あるいは、ファブリーペロー型半導体レーザ素子（FP-LD）が用いられる。そして、これらのレーザ素子の変調帯域  $f_c$  は、通常、DFB-LD で  $f_c = 3$  [GHz]、FP-LD で  $f_c = 1 \sim 2$  [GHz] 程度であり、それ以上の周波数帯は変調効率が悪くなっていく。そのため、特別な高周波用のレーザ素子を除けば、重畳できる無変調波信号の周波数帯は、およそ  $3 \sim 5$  [GHz] 程度に制限される。

【0038】本発明システムで用いる中間周波信号は、その周波数  $f_{IF}$  は  $f_{IF} < 1$  [GHz] 程度であるから、端局装置側では中間周波信号と無変調波信号とを合波した信号で半導体レーザ素子を変調制御することにより光信号変換し、これを送信装置側に光伝送し、送信装置側ではこの光信号を電気信号に変換してから合波前の信号に分離して中間周波信号と無変調波信号に戻し、分離した無変調波信号を用いて中間周波信号の周波数を変換し、無線周波信号化することから、端局装置側では特別な高周波用のレーザ素子を用いずとも済むようになり、

性能を落とすことなくシステムのコストダウンを図ることができる。

【0039】[4] 第4の本発明（第4の請求項）に係わる光アナログ伝送装置は、前記[1]項または[2]項に記載の光アナログ伝送装置において、さらに前記光ファイバを伝送された光信号を受信して電気信号に変換して出力する光／電気変換手段と、この変換されて出力された電気信号から前記中間周波信号と前記無変調波信号とを分離する分離手段と、これらの分離された信号のうち、無変調波信号を逡倍する逡倍手段と、この逡倍された無変調波信号を用い、前記分離された中間周波信号を周波数変換し、無線周波信号を得る手段と、この得られた無線周波信号を送信する手段とを備える。

【0040】このような構成の本システムは、送信端局側から光ファイバを介して伝送されてきた光信号を電気信号に変換した後、これを中間周波信号と無変調波信号に分離する。そして、この分離した無変調波信号を逡倍手段にて逡倍し、該逡倍した無変調波信号を用いて、前記中間周波信号の周波数を変換して無線周波信号を得る。そして、この得られた無線周波信号を空中に送信する。

【0041】送信端局側では、伝送したい情報で変調した中間周波数帯の信号である中間周波信号  $f_{IF}$  と無線周波信号（周波数  $f_{MW}$ ）にアップコンバージョンするために用いる正弦波の無変調波信号  $f_{LO}$  とを合波してから光信号に変換し、光ファイバに送り出す。そして、この光信号変換には半導体レーザ素子を用い、この半導体レーザ素子の電流を前記合波した信号対応に制御することで行う。

【0042】半導体レーザ素子としては、分布帰還型半導体レーザ素子（DFB-LD）、あるいは、ファブリーペロー型半導体レーザ素子（FP-LD）が用いられる。そして、これらのレーザ素子の変調帯域  $f_c$  は、通常、DFB-LD で  $f_c = 3$  [GHz]、FP-LD で  $f_c = 1 \sim 2$  [GHz] 程度であり、それ以上の周波数帯は変調効率が悪くなっていく。そのため、特別な高周波用のレーザ素子を除けば、重畳できる無変調波信号の周波数帯は、およそ  $3 \sim 5$  [GHz] 程度に制限される。

【0043】本発明システムで用いる中間周波信号は、その周波数  $f_{IF}$  は  $f_{IF} < 1$  [GHz] 程度であるから、 $f_{IF} + f_{LO}$  である無線周波信号の周波数  $f_{MW}$  は、本来ならば  $4 \sim 6$  [GHz] に制限されることとなる。

【0044】しかし、逡倍器を設けた構成をとることにより、周波数変換に用いる無変調波信号は  $n$  逡倍されたものとなり、従って、無線周波信号の周波数  $f_{MW}$  は、 $f_{MW} = f_{IF} + n f_{LO}$ （ただし、 $n$  は正の整数）とすることができるので、電気／光変換器内のレーザ素子の変調帯域に制限されることなく、高い周波数帯の無線周波信号を発生することが可能となる。

【0045】[5] 第5の本発明（第5の請求項）に係

る光アナログ伝送装置は、前記〔3〕項に記載の光アナログ伝送装置であって、無線信号を受信して無線周波数の電気信号として得る受信手段と、前記分離手段で得られた前記無変調波信号を用いて、前記受信手段にて得た無線周波数の電気信号を周波数変換し、中間周波信号を得る受信系の周波数変換手段と、前記受信系の周波数変換手段にて得られた中間周波信号を光信号に変換し、上り用の光ファイバに伝送する手段とを備えることを特徴とする。

【0046】このシステムは、無線送信ばかりでなく、無線受信も可能にするものであり、無線送信系の構成において、光信号から電気信号に変換後、得た下り用（送信用）の中間周波信号を下り用の無線周波信号に周波数変換するための無変調波信号を受信系においても用いて、上り用（受信用）の無線周波信号を周波数変換し、受信用の中間周波信号を得、これを光信号に変換して端局装置側に光伝送する。

【0047】これにより、送受信が可能なシステムが構築できる。

〔6〕第6の本発明（第6の請求項）に係わる光アナログ伝送装置は、〔4〕項に記載の光アナログ伝送装置であって、無線信号を受信して無線周波数の電気信号として得る受信手段と、前記分離手段で得られた前記無変調波信号を所望通倍して出力する通倍手段と、この通倍手段により得られた通倍された無変調波信号を用いて、前記受信手段にて得た無線周波数の電気信号を周波数変換し、中間周波信号を得る受信系の周波数変換手段と、前記受信系の周波数変換手段にて得られた中間周波信号を光信号に変換し、上り用の光ファイバに伝送する手段とを備えることを特徴とする。

【0048】このシステムも、無線送信ばかりでなく、無線受信も可能にするものであり、無線送信系の構成において、光信号から電気信号に変換後、得た下り用（送信用）の中間周波信号を下り用の無線周波信号に周波数変換するための通倍した無変調波信号を受信系においても用いて、上り用（受信用）の無線周波信号を周波数変換し、受信用の中間周波信号を得、これを光信号に変換して端局装置側に光伝送する。

【0049】これにより、高い無線周波数帯での送受信が可能なシステムが構築できる。本発明によれば、無変調波信号の変調度を大きくとっても、中間周波信号のCNRの劣化はなく、送信装置側では、優れたCNRの無変調波信号を得ることができる。送信装置において、アンテナから受信した無線周波信号は微弱なこともあるため、乗算器における周波数変換用の信号には高いCNRが要求されるが、このような周波数変換用の信号として送信端局から無変調波信号を提供することが可能となる。また、無変調波信号を周波数変換用の信号として通倍する際にも、受信したときの無変調波信号のCNRが高いため、周波数変換の際に大きく雑音特性を劣化させ

ることがない。

【0050】以上、上記各種構成の本発明により、無変調波信号の合波することによる、中間周波信号帯のRIN値増加を抑えることができ、従って、中間周波信号帯のCNR劣化を低減できると共に、中間周波信号帯のRINを劣化させずに、無変調波信号の変調度を大きくでき、送信装置側で受信する無変調波信号のCNR特性を高くすることができ、周波数変換の際に、付加雑音を抑えて、品質の優れた無線周波信号を得ることが可能となる。そして、中間周波信号及び無変調波信号のCNR特性の劣化を抑えられると、光ファイバ伝送の長距離化が可能となり、例えば、無線通信基地局に本発明の光アナログ伝送を適用した場合、一つの送信端局でカバーできる通信サービスエリアを広げることが可能となる。

【0051】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、本発明の実施例を詳細に説明する。

（第1の実施例）図1に本発明の第1の実施例を示す。図1において、1は送信端局、6は加算器、7は電気／光（E/O）変換器、20はドライバンプ、22は電流源、24は半導体レーザ素子である。

【0052】加算器6は中間周波信号51と無変調波信号52を合波して無線情報信号53を得るためのものであり、E/O変換器7はこの得られた無線情報信号53を光信号に変換するものであって、ドライバンプ20、電流源22、インダクタンス21、抵抗23、レーザ素子24からなる。インダクタンス21はドライバンプ20の出力信号に対して電流源22の出力分のバイアスを与えるためのものであり、抵抗23はこのバイアスを与えられたドライバンプ20の出力を半導体レーザ素子24に変調信号として加えための入力抵抗である。端局装置1はこれらの構成要素よりなる。

【0053】このような構成の本光送信器は、送信端局1において、中間周波信号51と無変調波信号52を加算器6で合波して得られた無線情報信号53をE/O変換器7に入力する。

【0054】中間周波信号51の周波数を $f_{IF}$ 、無変調波信号52の周波数を $f_{LO}$ とする。E/O変換器7内において、無線情報信号53は、ドライバンプ20で増幅された後、電流源22からのバイアス電流を付加され、半導体レーザ素子24を直接変調する。そして、この半導体レーザ素子24は無線情報信号53対応に変調を受けたかたちのレーザ光を発光し、伝送路である光ファイバ2に送出する。ここで用いられている半導体レーザ素子24は、アナログ伝送用のDFBレーザダイオードである。

【0055】このようにして半導体レーザ素子24の発振する光信号61は、光ファイバ2に入力されて伝送される。半導体レーザ素子24の共振周波数を $f_r$ とする。以上のような構成で、図2に示されるように、 $f_{IF}$



なる周波数の中間周波信号51と $f_{L0}$ なる周波数の変調波信号52の周波数配置関係は、 $f_{L0} - f_{IF} \geq 1$  [GHz]とする。

【0056】半導体レーザ素子24は、通常、周波数帯の低域側にいくほど、変調歪特性、RIN特性が優れているため、情報信号を含む $f_{IF}$ なる周波数帯の中間周波信号を $f_{L0}$ よりも低域側に配置する。 $f_{L0}$ は正弦波の無変調波信号であるため、歪には耐力がある。

【0057】図3に、電気/光変換器7内の半導体レーザ素子24における、無変調波信号52の周波数 $f_{L0}$ に対する $f_{IF}$ 帯のRIN特性を示す。 $f_{IF}$ は1 [GHz]であり、 $f_{L0}$ の変調度は40 [%]で周波数を1.2 [GHz]、2 [GHz]、3 [GHz]、3.5 [GHz]、4 [GHz]と変化させた。無変調波信号 $f_{L0}$ が重畳されていない場合のRINは、-152 [dB/Hz]であった。RIN値は、 $f_{L0}$ のスペクトル成分に影響を受け、 $f_{L0}$ に近い周波数帯ほど劣化が大きい。

【0058】そして、 $f_{L0}$ から離れるに従って改善されていく。図3に示されるように、 $f_{L0} - f_{IF} \geq 1$  [GHz]となると、RIN値は、 $f_{L0}$ が重畳されていない場合の値に漸近し安定する。

【0059】図4に、 $f_{IF} = 120$  [MHz]における $f_{L0}$ に対するRIN値を示す。 $f_{L0}$ の変調度は、図3と同様に40 [%]とした。 $f_{L0}$ が重畳されていない場合のRIN値は、-164.0 [dB/Hz]であった。

【0060】図4より、 $f_{L0}$ が、 $f_{IF}$ に近く、1 [GHz]内に配置されていると（つまり、 $f_{L0} - f_{IF} < 1$  [GHz]であると）、RIN値が-160 [dB/Hz]以上であり、大きく劣化している。しかし、 $f_{L0} - f_{IF} \geq 1$  [GHz]である $f_{L0} = 2$  [GHz]では、RIN値は-162 [dB/Hz]となり、劣化が抑圧されていることがわかる。

【0061】以上より、 $f_{L0} - f_{IF} \geq 1$  [GHz]の配置とすることで、RIN特性の改善効果が図れる。半導体レーザ素子24は、通常、E/O変換特性が非線形であり、レーザ素子を直接変調した際に、 $f_{L0} \pm f_{IF}$ の周波数に、 $f_{L0}$ と $f_{IF}$ の相互変調歪が現れ、雑音増加の要因となる。そのため、 $f_{L0} \pm f_{IF}$ も考慮して、 $f_{L0}$ の $f_{IF}$ に対する配置が重要である。低域側歪の周波数 $f_{L0} - f_{IF}$ が $f_{IF}$ の周波数帯に重なると、前述のように、その周辺の帯域のRIN特性が劣化することになる。

【0062】そこで、 $f_{L0} > 2 f_{IF}$ と設定して、 $f_{L0} - f_{IF} > f_{IF}$ の関係をつくり、RIN劣化の影響を回避する。また、半導体レーザ素子24には、ある特定の周波数で変調度が極めて高くなる共振周波数 $f_r$ が存在する。

【0063】これは、レーザ素子のキャリア及び光子の寿命時間によるバイアス電流に対する時間遅れが、変調周期と一致して、レーザ素子の変調度が相加されて極め

て大きくなるものである。この $f_r$ に変調が加わると、レーザ素子の特性が不安定になりRINが周波数全域にわたって増加してしまう。

【0064】そのため、高域側歪の周波数 $f_{L0} + f_{IF}$ が、 $f_r$ よりも小さいところになるように、 $f_{L0}$ を配置する必要がある。そして、 $2 f_{IF} < f_{L0}$ 及び $f_{L0} + f_{IF} < f_r$ の条件から、この $f_{L0}$ は、 $f_{L0} < (2/3) \cdot f_r$ となる。つまり、これらの条件を満たす $f_{IF}$ （中間周波信号51）と $f_{L0}$ （無変調波信号52）の周波数配置は、図5のようになる。

【0065】半導体レーザ素子24すなわち、半導体レーザダイオードとしては、分布帰還型半導体レーザ素子（DFB-LD）、あるいはファブリーペロー型半導体レーザ素子（FP-LD）が使用される。特に、DFB-LDは、多チャンネル信号のダイナミックレンジを抑圧する変調歪が小さく、アナログ伝送に適している。しかし、DFB-LDにおいても、変調歪特性が小さく、雑音量が低い周波数帯は、通常、1 [GHz]以下である。

【0066】情報信号である中間周波信号51はその周波数 $f_{IF}$ を、 $f_{IF} > 1$  [GHz]の範囲に配置すると、変調歪特性の劣化、雑音の増加から、ダイナミックレンジが抑圧されてしまうため、 $f_{IF} < 1$  [GHz]に配置することが望まれる。

【0067】比較的低い周波数帯での無変調波信号周波数-RIN特性図である図3における $f_{IF} = 1$  [GHz]の場合でのRIN値と、比較的高い周波数帯での無変調波信号周波数-RIN特性図である図4における $f_{IF} = 120$  [MHz]の場合でのRIN値からもわかるように、無変調波信号周波数 $f_{IF} = 120$  [MHz]の方が、およそ10 [dB/Hz]ほどRIN特性が優れていることがわかる。

【0068】以上から、中間周波信号 $f_{IF}$ （中間周波信号51）と無変調波信号 $f_{L0}$ （無変調波信号52）の周波数配置を、図6に示されるように $f_{IF} < 1$  [GHz]、 $f_{L0} > 2$  [GHz]とすると、RIN特性及び変調歪の影響を受けずに、伝送特性を良好に保てることになる。

【0069】（第2の実施例）図7に本発明の第2の実施例を示す。第2の実施例は、本発明の第1の発明である第1の実施例を、無線通信用の基地局装置に適用したものである。

【0070】図7に示すように、送信端局1と送信装置2が光ファイバ3で接続されている。図では一つしか示されていないが、一つの送信端局1に対して送信装置2は複数個が設けられ、各送信装置2は光ファイバ3で接続されている。送信装置2はそれぞれ離れた位置に配置され、それぞれ電波の届く範囲がそれぞれの無線ゾーン（セル）となり、セル内の通信端末と電波を授受できるサービスエリアとなる。

【0071】送信端局1は無線信号用変調器4、局部発

振器5、加算器6、電気/光変換器(E/O変換器)7とから構成され、送信装置2は光/電気変換器(O/E変換器)8、分離器9、バンドパスフィルタ10、11、乗算器12、パワーアンプ14、アンテナ15とから構成される。

【0072】これらのうち、無線信号用変調器4は送信データを無線信号用の中間周波信号51に変調するためのものであり、局部発振器5は所定周波数の無変調波信号52を発振する発振器である。

【0073】加算器6はこれら中間周波信号51と無変調波信号52とを合波して無線情報信号53として出力するものであり、E/O変換器7はこの合波して得られた無線情報信号53を光信号に変換して出力するためのものである。E/O変換器7は半導体レーザ素子を光源として内蔵し、この半導体レーザ素子の電流を上記無線情報信号53対応に制御することにより、無線情報信号で変調された光信号として出力する機能を有する。

【0074】光ファイバ3は端局装置1のE/O変換器7と送信装置2のO/E変換器8とを結ぶ光伝送路である。O/E変換器8は光ファイバ3を伝送されてきた光信号61を受信し、電気信号に変換するものであり、分離器9はこのO/E変換器8より出力された電気信号を2つに分離し、分岐した一方をバンドパスフィルタ10に、また、他方をバンドパスフィルタ11に与えるものである。

【0075】バンドパスフィルタ10は中間周波信号抽出用のフィルタであって、透過帯域に $f_{IF}$ を含むフィルタであり、バンドパスフィルタ11は無変調波信号抽出用のフィルタであって透過帯域に $f_{L0}$ を含むフィルタである。

【0076】乗算器12は、これら2つのバンドパスフィルタ10、11の出力信号を乗算して出力するものであり、バンドパスフィルタ13はこの乗算器12の出力から所要の無線周波信号を抽出するためのフィルタであり、パワーアンプ14はこのバンドパスフィルタ13から出力された無線周波信号を電力増幅して出力するものであり、アンテナ15はこの増幅された信号を電波として空中に放射するものである。

【0077】このような構成の本システムは、送信端局1において、無線信号用変調器4からの中間周波信号51に、局部発振器5からの無変調波信号52を加算器6で合波して得られた無線情報信号53を、E/O変換器7に入力する。

【0078】中間周波信号51の周波数帯を $f_{IF}$ 、無変調波信号52の周波数帯を $f_{L0}$ とする。E/O変換器7においては、無線情報信号53でレーザを直接変調して、光信号61を得、これを光ファイバ3を介して送信装置2へ伝送する。

【0079】送信装置2側においては、この光ファイバ3を介して伝送されてきた光信号61を、O/E変換器

8で受信し、電気信号に変換してから分離器9で2つに分離して、一方を中間周波信号用の透過帯域に $f_{IF}$ を含むバンドパスフィルタ10に通し、他方は無変調波信号用の透過帯域に $f_{L0}$ を含むバンドパスフィルタ11に通すことにより、元の中間周波信号51および無変調波信号52に復元する。

【0080】そして、復元されたこれら中間周波信号51および無変調波信号52は乗算器12に入力して、乗算する。そして、この乗算器12の出力をバンドパスフィルタ13を通すことにより、所要の無線周波信号54を抽出し、この抽出した無線周波信号54はパワーアンプ14を介して増幅した後、アンテナ15を通して、空中に電波として放射し、セル内の端末側へと送信する。

【0081】以上のような構成と作用により、第1の実施例と同様に、 $f_{IF}$ なる周波数帯の中間周波信号51と $f_{L0}$ なる周波数帯の無変調波信号52は、その周波数配置を、 $f_{L0} - f_{IF} \geq 1$  [GHz]、 $2f_{IF} < f_{L0} < (2/3) \cdot f_r$ 、あるいは、 $f_{IF} < 1$  [GHz]、 $f_{L0} > 2$  [GHz]とする。

【0082】以上のようにして、第1の実施例を、無線通信用の基地局装置に適用することができる。以上は、第1の実施例を、無線通信用の基地局装置に適用した本発明の第2の実施例の説明であった。次に、送信装置のハードウェアを交換することなく、無線周波信号のキャリアを変更できるようにして、同一仕様の送信装置を、隣接セル間でも利用できるようにし、システムのコストダウンを図ることができるようにした実施例を第3の実施例として説明する。

【0083】(第3の実施例) 図8に、本発明における第3の実施例を示す。送信端局1の構成は、第1及び第2の実施例を同じとし、送信装置2においても、第1及び第2の実施例の送信装置2と同じ構成には同一符号を付した。

【0084】この実施例での送信装置2は、光/電気変換器(O/E変換器)8、分離器9、乗算器12、バンドパスフィルタ13、パワーアンプ14、アンテナ15、ローパスフィルタ16、ハイパスフィルタ17とから構成される。

【0085】本システムは、送信端局1において、無線信号用変調器4からの中間周波信号51に、局部発振器5からの無変調波信号52を加算器6で合波して得られた無線情報信号53を、E/O変換器7に入力してこのE/O変換器7の持つ半導体レーザ素子を当該無線情報信号53で直接変調して、光信号61を得、これを光ファイバ3を介して送信装置2へ伝送する仕組みは第1及び第2の実施例と変わりはない。

【0086】送信装置2の構成要素のうち、O/E変換器8は光ファイバ3を伝送されてきた端局装置1からの光信号61を受信し、電気信号に変換するものであり、分離器9はこのO/E変換器8より出力された電気信号

を2つに分離し、分岐した一方をローパスフィルタ16に、また、他方をハイパスフィルタ17に与えるものである。

【0087】ローパスフィルタ16は透過帯域に $f_{IF}$ を含む中間周波信号用のフィルタであり、ローパスフィルタ17は透過帯域に $f_{LO}$ を含む無変調波信号用のフィルタである。

【0088】乗算器12は、これら2つのフィルタ16、17の出力信号を乗算して出力するものであり、バンドパスフィルタ13はこの乗算器12の出力から所要の無線周波信号を抽出するためのフィルタであり、パワーアンプ14はこのバンドパスフィルタ13から出力された無線周波信号を電力増幅して出力するものであり、アンテナ15はこの増幅された信号を電波として空中に放射するものである。

【0089】このような構成の本システムは、送信装置2側においては、光ファイバ3を介して伝送されてきた光信号61を、O/E変換器8で受信し、電気信号に変換してから分離器9で2つに分離して、一方を透過帯域に $f_{IF}$ を含む中間周波信号用のローパスフィルタ16に通し、他方は透過帯域に $f_{LO}$ を含む無変調波信号用のハイパスフィルタ17に通すことにより、元の中間周波信号51および無変調波信号52に復元する。

【0090】そして、復元されたこれら中間周波信号51および無変調波信号52は乗算器12に入力して、乗算する。そして、この乗算器12の出力をバンドパスフィルタ13を通すことにより、所要の無線周波信号54を抽出し、この抽出した無線周波信号54はパワーアンプ14を介して増幅した後、アンテナ15を通して、空中に電波として放射し、セル内の端末側へと送信する。

【0091】このように、第3の実施例に示す本システムは、送信装置2側においては内蔵の分離器9の2つの出力を、それぞれローパスフィルタ16、ハイパスフィルタ17に入力し、中間周波信号51及び無変調波信号52を抽出するようにした。すなわち、バンドパスフィルタ10、11を用いるのではなく、ローパスフィルタ16、ハイパスフィルタ17を用い、中間周波信号51及び無変調波信号52を抽出するのである。

【0092】このような構成をとり、後段の無線周波信号抽出用のバンドパスフィルタ13の透過帯域に余裕を持たせることができるようにしておくと、ローパスフィルタ16とハイパスフィルタ17はバンドパスフィルタに比べて、透過周波数帯が広いので、周波数選択のフレキシビリティが高くなり、送信装置の他のハードウェアを交換することなく、無線周波信号54のキャリアを変更できる。

【0093】無変調波信号と中間周波信号を合波した信号から、バンドパスフィルタで元の無変調波信号と中間周波信号を抽出する構成の場合、通常、処理対象の信号のCNR値に依存して、大なるQを持つバンドパスフ

ィルタを使用する。すなわち、従来の送信装置では、端局装置1から光ファイバ3を介して受け取り、O/E変換器8で光電変換して得た受信信号55のCNR値が劣化するようであると、バンドパスフィルタ10、11はQの大きなものを使用する必要がでてきて、無線周波信号の波長選択の幅が小さくなってしまう。

【0094】しかし、本発明のシステムによれば、送信端局1側において、無変調波信号52を重畳しても、中間周波信号51帯のRIN値の劣化は抑えられる。従って、中間周波信号51帯のRIN値を劣化させることなく、無変調波信号52の変調度を大きくすることができるので、ローパスフィルタ16やハイパスフィルタ17を使用しての、中間周波信号及び無変調波信号の分離が可能となる訳である。そのため、無線周波信号54のフレキシビリティを高くでき、適用範囲の広い無線通信基地局を提供できることになる。

【0095】つぎに、中間周波信号と無変調波信号が高くなくとも、無線周波信号の周波数を高くできるようにした実施例を次に第4の実施例として説明する。

(第4の実施例)図9に、本発明における第4の実施例を示す。送信端局1の構成は、第1及び第2の実施例と同じとし、送信装置2においても、同じ構成には同一符号を付した。

【0096】この実施例での送信装置2は、光/電気変換器(O/E変換器)8、分離器9、乗算器12、バンドパスフィルタ13、パワーアンプ14、アンテナ15、ローパスフィルタ16、ハイパスフィルタ17、通倍器18及びバンドパスフィルタ19とから構成される。

【0097】本システムは、送信端局1において、無線信号用変調器4からの中間周波信号51に、局部発振器5からの無変調波信号52を加算器6で合波して得られた無線情報信号53を、E/O変換器7に入力してこのE/O変換器7の持つ半導体レーザ素子を当該無線情報信号53で直接変調して、光信号61を得、これを光ファイバ3を介して送信装置2へ伝送する仕組みは第1及び第2の実施例と変わりはない。

【0098】送信装置2の構成要素のうち、O/E変換器8は光ファイバ3を伝送されてきた端局装置1からの光信号61を受信し、電気信号に変換するものであり、分離器9はこのO/E変換器8より出力された電気信号を2つに分離し、分岐した一方をローパスフィルタ16に、また、他方をハイパスフィルタ17に与えるものである。

【0099】ローパスフィルタ16は透過帯域に $f_{IF}$ を含む中間周波信号用のフィルタであり、ローパスフィルタ17は透過帯域に $f_{LO}$ を含む無変調波信号用のフィルタである。通倍器18はこのローパスフィルタ17の出力を $n$ 通倍して出力するものであり、バンドパスフィルタ19はこの $n$ 通倍された出力から所定の周波数帯

域成分を抽出するフィルタである。なお、上記の $n$ は正の整数である。

【0100】乗算器12は、これら2つのフィルタ16, 19の出力信号を乗算して出力するものであり、バンドパスフィルタ13はこの乗算器12の出力から所要の無線周波信号を抽出するためのフィルタであり、パワーアンプ14はこのバンドパスフィルタ13から出力された無線周波信号を電力増幅して出力するものであり、アンテナ15はこの増幅された信号を電波として空中に放射するものである。

【0101】このような構成の本システムは、送信装置2側においては、光ファイバ3を介して伝送されてきた光信号61を、O/E変換器8で受信し、電気信号に変換してから分離器9で2つに分離して、一方を透過帯域に $f_{IF}$ を含む中間周波信号用のローパスフィルタ16に通し、他方は透過帯域に $f_{LO}$ を含む無変調波信号用のハイパスフィルタ17に通すことにより、元の中間周波信号51および無変調波信号52に復元する。

【0102】こうして得られた中間周波信号51及び無変調波信号52のうち、無変調波信号52は通倍器18で $n$ 通倍した後、バンドパスフィルタ19を透過させることにより、所望の通倍された無変調波信号58を得、これを乗算器12に入力して周波数変換に用いる。

【0103】乗算器12ではローパスフィルタ16からの中間周波信号51とこの無変調波信号58とを乗算し、得られた信号出力をバンドパスフィルタ13を透過させることにより、所要の無線周波信号を抽出する。そして、このバンドパスフィルタ13から出力された無線周波信号をパワーアンプ14で電力増幅してからアンテナ15より電波として空中に放射する。

【0104】この実施例では、第3の実施例の構成に、さらに通倍器18とバンドパスフィルタ19を設けており、ローパスフィルタ17の出力を $n$ 通倍し、この $n$ 通倍された出力から所定の周波数帯域成分をバンドパスフィルタ19により抽出することで、周波数変換に用いる所望通倍された無変調波信号58を得るようにしている。そして、この点が第3の実施例との相違点である。

【0105】送信端局1の電気/光変換器7内に用いられるレーザ光源には、分布帰還型半導体レーザ素子(DFB-LD)、あるいは、ファブリーペロー型半導体レーザ素子(FP-LD)がある。

【0106】そして、これらのレーザ素子の変調帯域 $f_c$ は、通常、DFB-LDで $f_c = 3$  [GHz]、FP-LDで $f_c = 1 \sim 2$  [GHz]であり、それ以上の周波数帯は変調効率が悪くなっていく。そのため、特別な高周波用のレーザ素子を除けば、重畳できる無変調波信号52の周波数帯は、おおよそ3~5 [GHz]程度に制限される。

【0107】本発明システムで用いる中間周波信号の周

波数 $f_{IF}$ は $f_{IF} < 1$  [GHz]であるから、 $f_{IF} + f_{LO}$ である無線周波信号54の周波数 $f_{MW}$ は、本来ならば4~6 [GHz]に制限されることとなる。

【0108】しかし、通倍器を設けた図8の構成をとることで、周波数変換に用いる無変調波信号58は所望通倍されたものとなり、従って、無線周波信号54の周波数 $f_{MW}$ は、 $f_{MW} = f_{IF} + n f_{LO}$ とすることができるので、電気/光変換器7内のレーザ素子の変調帯域に制限されることなく、より高い周波数帯の無線周波信号54を発生することが可能なシステムとなる。

【0109】但し、無変調波信号52を $n$ 通倍する際に、雑音が付加されることが避けられないため、普通には無線周波信号54の品質を劣化させてしまう。しかし、本発明によれば、中間周波信号51帯の $RIN$ 値を劣化させずに、無変調波信号52の変調度を大きくできることから、両信号51, 52のCNR特性は良好に保つことができる。

【0110】そのため、本発明では、通倍器18を用いても、無線周波信号54の品質を大きく劣化させることがないシステムとなる。以上の各実施例は、送信のみを主体に説明したものであった。実際のシステムにおいては、送受信を可能にするものが不可欠であるから、次にそのようなシステムについて第5の実施例として説明する。

【0111】(第5の実施例) 図10、図11に、本発明における第5の実施例を示す。主な構成は第2の実施例と同じであり、同じ構成には同一符号を付した。また、第2の実施例と同様に、本発明を無線通信用の基地局装置に適用したものである。

【0112】図10においては、双方向で通信できるようにするために、端局1は受信機能を含めた送受信端局1Aとなっており、また、端局に繋がる送信装置2も送信機能ばかりでなく受信機能を持たせた送受信装置2Aとなっている。

【0113】送受信端局1Aと送受信装置2Aが光ファイバ3a, 3bで接続されている。図では一つしか示されていないが、一つの送受信端局1Aに対して送受信装置2Aは複数個が設けられる構成も当然採用することができる。送受信装置2Aが複数台ある場合は、それぞれ離れた位置に配置され、それぞれ電波の届く範囲がそれぞれの無線ゾーン(セル)となり、セル内の通信端末と電波を授受できるサービスエリアとなる。

【0114】光ファイバ3a, 3bのうち、前者は下り回線用(送信回線用)、後者は上り回線用(受信回線用)である。送受信端局1Aは下り用(送信用)として、無線信号用変調器4、局部発振器5、加算器6、電気/光変換器(E/O変換器)7があり、上り用(受信用)として光/電気変換器(O/E変換器)8-2と復調器27が設けられて構成されている。

【0115】また、送受信装置2Aは電気/光変換器

(E/O変換器)7-2、光/電気変換器(O/E変換器)8-1、分離器9、バンドパスフィルタ10-1、10-2、11、13-1、13-2、乗算器12-1、12-2、パワーアンプ14、アンテナ15、サーキュレータ(もしくはデュプレクサ)25、ローノイズアンプ26とから構成される。

【0116】これらのうち、無線信号用変調器4は送信データを無線信号用の中間周波信号51に変調するためのものであり、局部発振器5は所定周波数の無変調波信号52を発振する発振器である。

【0117】加算器6はこれら中間周波信号51と無変調波信号52とを合波して無線情報信号53として出力するものであり、E/O変換器7-1はこの合波して得られた無線情報信号53を光信号61に変換して出力するためのものである。E/O変換器7-1は半導体レーザ素子を光源として内蔵し、この半導体レーザ素子の電流を上記無線情報信号53対応に制御することにより、無線情報信号で変調された光信号として出力する機能を有する。当該E/O変換器7-1は光ファイバ3aに接続されていて、その光信号出力は光ファイバ3aへと出力される構成である。

【0118】また、O/E変換器8-2は光ファイバ3bに接続されており、この光ファイバ3bにて伝送されてきた送受信装置2Aからの光信号3を電気信号に変換して出力するものである。また、復調器27はこのO/E変換器8-2で変換された電気信号を受けて元の無線情報信号を復調するためのものである。

【0119】送受信装置2Aの構成要素であるO/E変換器8-1は、光ファイバ3aを伝送されてきた光信号61を電気信号に変換するためのものであり、分離器9はこのO/E変換器8-1より出力された電気信号を2つに分離し、分岐した一方をバンドパスフィルタ10-1に、また、他方をバンドパスフィルタ11に与えるものである。

【0120】バンドパスフィルタ10-1は中間周波信号抽出用のフィルタであって透過帯域に $f_{IF}$ を含むフィルタであり、バンドパスフィルタ11は無変調波信号抽出用のフィルタであって透過帯域に $f_{L0}$ を含むフィルタである。

【0121】乗算器12は、これら2つのバンドパスフィルタ10-1、11の出力信号を乗算して出力するものであり、バンドパスフィルタ13はこの乗算器12の出力から所要の無線周波信号を抽出するためのフィルタであり、パワーアンプ14はこのバンドパスフィルタ13から出力された無線周波信号を電力増幅して出力するものであり、アンテナ15はこの増幅された信号をサーキュレータ(もしくはデュプレクサ)25を介して受けて電波として空中に放射すると共に、空中から到来する電波をとらえてサーキュレータ25を介してこれをローノイズアンプ26に与えるためのものである。

【0122】サーキュレータ25は、送信する無線周波信号をアンテナ15に導き、アンテナ15でとらえた受信無線周波信号56をローノイズアンプ26へ導く経路切り替えのための装置である。

【0123】ローノイズアンプ26はこの受信無線周波信号56を低雑音で増幅する性能を有する増幅器であり、バンドパスフィルタ13-2はこのローノイズアンプ26の出力を所要の透過帯域で通過させて、当該所要の透過帯域の成分を抽出するフィルタであり、乗算器12-2はこのバンドパスフィルタ13-2の出力とバンドパスフィルタ11の出力する無変調波信号52とを乗算するためのものである。

【0124】また、バンドパスフィルタ10-2はこの乗算器12-2出力を所要の透過帯域で通過させて、当該所要の透過帯域の成分を無線情報信号57として抽出するフィルタであり、E/O変換器7-2はこのバンドパスフィルタ10-2により得られた無線情報信号57を光信号に変換して出力するためのものである。E/O変換器7-2は半導体レーザ素子を光源として内蔵し、この半導体レーザ素子の電流を上記無線情報信号57対応に制御することにより、無線情報信号で変調された光信号として出力する機能を有する。尚、E/O変換器7-2の出力する光信号は、光ファイバ3bに出力される構成としてある。

【0125】このような構成の本システムは、送信端局1において、無線信号用変調器4からの中間周波信号51に、局部発振器5からの無変調波信号52を加算器6で合波して得られた無線情報信号53を、E/O変換器7-1に入力する。

【0126】中間周波信号51の周波数帯を $f_{IF}$ 、無変調波信号52の周波数帯を $f_{L0}$ とする。E/O変換器7-1においては、無線情報信号53でレーザ素子を直接変調して、光信号61を得、これを光ファイバ3aを介して送受信装置2Aへ伝送する。

【0127】送信装置2A側においては、この光ファイバ3aを介して伝送されてきた光信号61を、O/E変換器8-1で受信し、電気信号に変換してから分離器9で2つに分離して、一方を中間周波信号用の透過帯域に $f_{IF}$ を含むバンドパスフィルタ10に通し、他方は無変調波信号用の透過帯域に $f_{L0}$ を含むバンドパスフィルタ11に通すことにより、元の中間周波信号51および無変調波信号52に復元する。

【0128】そして、復元されたこれら中間周波信号51および無変調波信号52は乗算器12に入力して、乗算する。そして、この乗算器12の出力をバンドパスフィルタ13-1を通すことにより、所要の無線周波信号54を抽出し、この抽出した無線周波信号54はパワーアンプ14を介して増幅した後、サーキュレータ25からアンテナ15を通して、空中に電波として放射し、セル内の端末側へと送信する。

【0129】一方、セル内の端末側から送信されてきた電波はアンテナ15にて受信され、サーキュレータ25を介してローノイズアンプ14に入力されて増幅された後、バンドパスフィルタ13-2にて所要の帯域成分が抽出される。そして、この抽出された成分の信号は、乗算器12-2にてバンドパスフィルタ11からの無変調波信号52と乗算された後、バンドパスフィルタ10-2で所定の帯域成分が抽出され、これがE/O変換器7-2で光信号に変換された後、上り光信号として光ファイバ3bに送出され、端受局装置1Aへと送られる。

【0130】本実施例装置における特徴点は、送受信装置2A内の分離器9の2つの出力から、バンドパスフィルタ11を用いて無変調波信号52を抽出し、この抽出した無変調波信号52は分離して送信系統側の乗算器12-1と受信系統側の乗算器12-2にそれぞれ入力するようにしたことにある。そして、送信系においては、抽出した無変調波信号52は、乗算器12-1により中間周波信号51と乗算することにより、中間周波信号51の周波数のアップコンバートするのに使用し、また、受信系においては、乗算器12-2にて無線周波信号56を、無変調波信号52を用いて、乗算することにより、周波数ダウンコンバートすることに使用する。

【0131】すなわち、送受信装置2A内の分離器9の2つの出力から、バンドパスフィルタ10-1、11を用いて、中間周波信号51及び無変調波信号52を抽出する。そして、抽出した無変調波信号52は、分離して乗算器12-1、12-2に入力する。

【0132】乗算器12-1においては、上述したように送受信端局1Aから伝送されてきた中間周波信号51の周波数を無変調波信号52を用いて、アップコンバージョンし、無線周波信号54を得、これをパワーアンプ14、アンテナ15を介して、無線伝送する。

【0133】また、乗算器12-2においては、無線周波信号56を、無変調波信号52を用いて、乗算することにより、周波数ダウンコンバートする。すなわち、無線伝送されてきた無線周波信号56をアンテナ15で受信し、サーキュレータあるいはデュプレクサ25で、ローノイズアンプ26に入力して、所望の帯域をバンドパスフィルタ13-2で抽出する。そして、この無線周波信号56の抽出した帯域成分を、乗算器12-2において、無変調波信号52を用いて、周波数ダウンコンバートし、そして、バンドパスフィルタ10-2でイメージ等を除去し、所望の帯域を抽出して、上り中間周波信号57を得る。上り中間周波信号57は、E/O変換器7-2で光信号62に変換し、光ファイバ3を介して、送信端局1に伝送する。

【0134】送信端局1では、送信装置2側から伝送されてきた光信号62を光/電気変換器8-2で受信し、復調器27に入力して、情報を取り出す。このように本発明は、送受信装置2A内において端局装置から送信さ

れてきた無線送信用の中間周波信号51と無変調波信号との合波信号から、バンドパスフィルタを用いて無変調波信号52とを抽出し、この抽出した無変調波信号52を送信系で周波数アップコンバートと、受信系での受信信号に対する周波数ダウンコンバートに使用するようにした。

【0135】従って、送受信装置2A内に局部発振器等のコンポーネントを必要とせずに、送受信装置2Aから送受信端局1A側への上り信号の周波数をダウンコンバートできる。そのため、受信系統での構成要素をその分、簡素化できる。また、アンテナでとらえた無線周波数帯の受信信号をダウンコンバートしてからE/O変換器7-2に入力して光信号に変換し、端局装置に送るようにしたので、受信系統におけるE/O変換器7-2に求められる周波数帯域も低く抑えることができ、E/O変換器7-2に内蔵するレーザ素子やドライバアンプ等に対する仕様が扱う信号の周波数帯が低くなっている分、緩和され、ローコストのものを使用可能になる。

【0136】以上のことから、送受信装置2Aの装置規模を小型化、簡易化することが可能となり、コストダウンを図った送受信装置2Aを提供できることとなる。図11に送受信装置2Aの別の構成例を示す。この図11に示す例においては、逡倍した無変調波信号58を周波数変換に用いる場合の送受信装置2Aの構成を示す。

【0137】この例は、送信系統におけるバンドパスフィルタ11の後段に、逡倍器18とバンドパスフィルタ19を直列的に挿入した構成としてあり、送受信装置2A内において、バンドパスフィルタ11で抽出された無変調波信号52を逡倍器18で逡倍して、バンドパスフィルタ19で所望倍、逡倍された無変調波信号58を得、この所望逡倍された無変調波信号58を送信系統での周波数アップコンバートと、受信系統での周波数ダウンコンバートに使用するようにしたものである。

【0138】この所望逡倍された無変調波信号58を、乗算器12-1、12-2に入力して、アップコンバートあるいはダウンコンバートのために用いるようにした以外、その他の構成については、図10と同じであるので、詳細な説明は省略する。

【0139】逡倍器とバンドパスフィルタを増設した分、回路構成が増えるが、このようにしても、図10の実施例と同様、受信系統におけるE/O変換器7-2に求められる周波数帯域も低く抑えることができ、E/O変換器7-2に内蔵するレーザ素子やドライバアンプ等に対する仕様が扱う信号の周波数帯が低くなっている分、緩和され、ローコストのものを使用可能になる。

【0140】本実施例によれば、無変調波信号52の変調度を大きくとっても、中間周波信号51のCNRの劣化はなく、送信装置2側では、優れたCNRの無変調波信号52を得ることができる。送信装置2において、アンテナ15から受信した無線周波信号56は微弱なこと

もあるため、乗算器12-1における周波数変換用の信号には高いCNRが要求されるが、このような周波数変換用の信号として送信端局1から無変調波信号52号を提供することが可能となる。また、無変調波信号を周波数変換用の信号として通倍する際にも、受信したときの無変調波信号のCNRが高いため、周波数変換の際に大きく雑音特性を劣化させることがない。

【0141】

【発明の効果】以上、詳述したように、中間周波信号と無変調波信号を合波して、送信端局から送信装置に光伝送する無線通信用光アナログ伝送装置において、本発明によれば、以下のような効果がある。

【0142】合波する無変調波信号の周波数帯 $f_{L0}$ と中間周波信号の周波数帯 $f_{IF}$ を、 $f_{L0}-f_{IF} \geq 1$  [GHz] 及び  $2f_{IF} < f_{L0} < (2/3) \cdot f_r$  (レーザの共振周波数) の関係をもって配置する。 $f_{IF}$  において、 $f_{L0}$  の合波によるRIN特性の劣化を抑えることができ、送信装置側で良好なCNR特性を提供でき、伝送される光信号の通信品質が向上する。また、上記の条件を満たせば、無変調波信号の変調度を大きくしてもRIN特性の劣化を抑えられる。

【0143】無変調波信号の変調度を大きくすることができれば、送信装置側において、CNR特性の優れた $f_{L0}$ を提供できる。 $f_{L0}$ は周波数変換用の局部発振信号として乗算器で使用されるため、乗算器出力の雑音付加量が減り、雑音成分の低い無線周波信号を得ることが可能となる。

【0144】また、 $f_{L0}$ のCNR特性が優れていれば、 $f_{L0}$ の抽出フィルタのQは小さくでき、伝送できる $f_{L0}$ の周波数帯域が広げられることになる。つまり、送信装置側で取扱う無線周波信号の周波数範囲が広がれることになり、適用範囲の大きい無線通信基地局を提供できる。

【0145】また、送信装置側において、送信端局側から伝送された無変調波信号 $f_{L0}$ を優れたCNRで取り出せるので、付加雑音量を抑えて、無線周波信号の周波数アップコンバート、ダウンコンバートできる。中間周波信号と無変調波信号のCNR特性の劣化が小さいと、送信端局と送信装置の間の光伝送距離をより長くとることができる。つまり、一つの送信端局に接続された送信装置の設置範囲を広げることができ、接続できる送信装置数も増やすことができ、無線通信サービスエリアを効率的に広げることが可能となる。

【0146】また、RIN以外にCNR特性を劣化させる要因に、変調歪がある。レーザの変調歪特性の優れている周波数帯は1 [GHz] より低い帯域である。そのため、 $f_{IF} < 1$  [GHz] 及び  $2$  [GHz]  $< f_{L0}$  とすることで、RINとともに変調歪に対してもCNR劣化を抑えた伝送系を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例を示した構成図。

【図2】本発明の第1の実施例における $f_{IF}$ と $f_{L0}$ の周波数配置を示した図。

【図3】 $f_{IF}=1$  [GHz] における $f_{L0}$ の周波数に対するRIN特性を示した図。

【図4】 $f_{IF}=120$  [MHz] における $f_{L0}$ の周波数に対するRIN特性を示した図。

【図5】本発明の第1の実施例における $f_{IF}$ と $f_{L0}$ の周波数配置を示した図。

【図6】本発明の第1の実施例における $f_{IF}$ と $f_{L0}$ の周波数配置を示した図。

【図7】本発明の第2の実施例を示した構成図。

【図8】本発明の第3の実施例を示した構成図。

【図9】本発明の第4の実施例を示した構成図。

【図10】本発明の第5の実施例を示した構成図。

【図11】本発明の第5の実施例を示した構成図。

【図12】従来の周波数配置を示した図。

【図13】従来の周波数配置において無変調波信号の変調度に対するRIN特性を示した図。

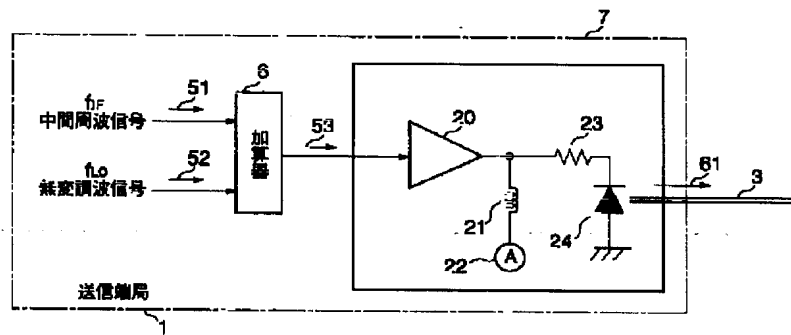
【符号の説明】

- 1…送信端局
- 1A…送受信端局
- 2…送信装置
- 2A…送受信装置
- 3, 3a, 3b…光ファイバ
- 4…変調器
- 5…局部発振器
- 6…加算器
- 7, 7-1, 7-2…電気/光変換器 (E/O変換器)
- 8, 8-1, 8-2…光/電気変換器 (O/E変換器)
- 9…分離器
- 10, 10-1…中間周波信号用のバンドパスフィルタ
- 10-2, 13-1, 13-2…バンドパスフィルタ
- 11…無変調波信号用のバンドパスフィルタ
- 12…乗算器
- 13…無線周波信号用バンドパスフィルタ
- 14…パワーアンプ
- 15…アンテナ
- 16…中間周波信号用ローパスフィルタ
- 17…無変調波信号用ハイパスフィルタ
- 18…通倍器
- 19…通倍無変調波信号用バンドパスフィルタ
- 20…ドライバアンプ
- 21…直流電流付加用コイル
- 22…電流源
- 23…負荷抵抗
- 24…半導体レーザ素子
- 25…サーキュレータ (あるいはデュプレクサ)
- 26…ローノイズアンプ
- 27…復調器

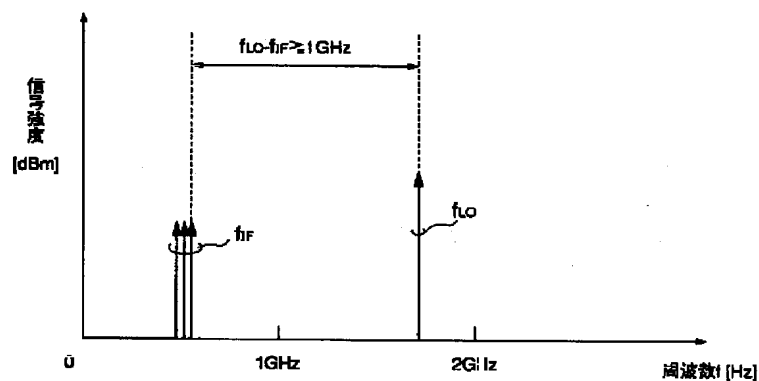
51…中間周波信号  
 52…無変調波信号  
 53…無線情報信号  
 54…無線周波信号  
 55…受信信号

56…受信する無線周波信号  
 57…上り中間周波信号  
 58…通倍された無変調波信号  
 61…光信号  
 62…上り光信号

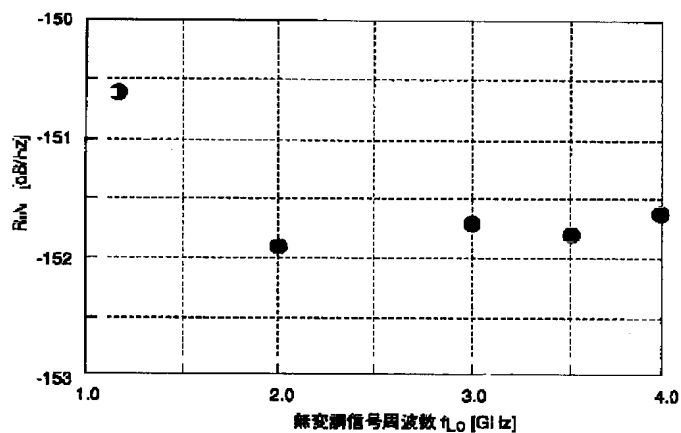
【図1】



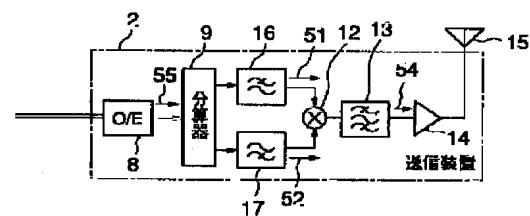
【図2】



【図3】

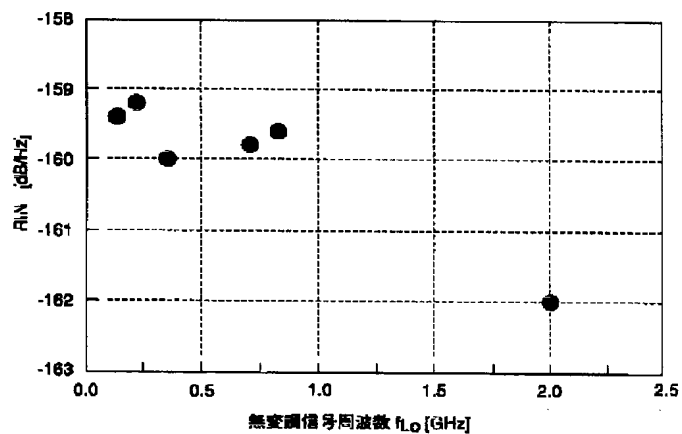


【図8】

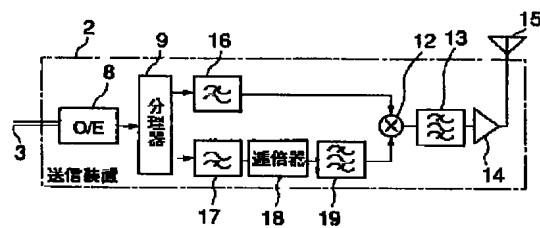




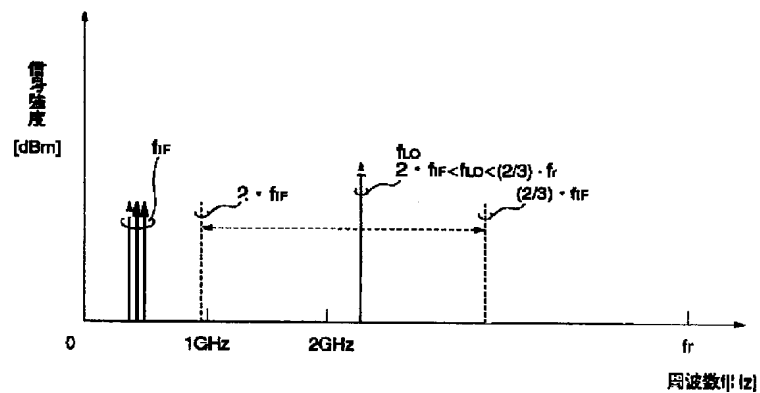
【図4】



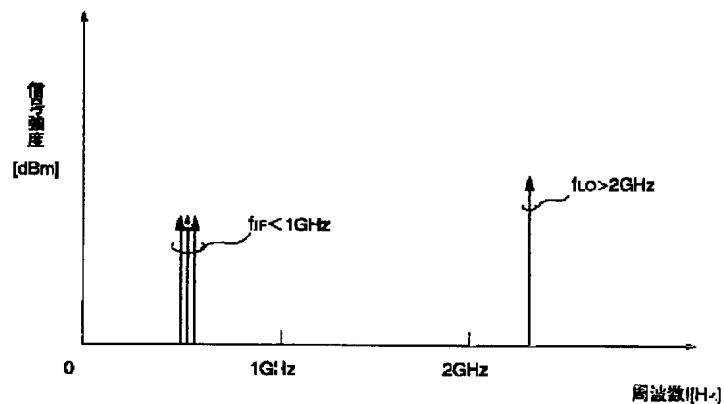
【図9】



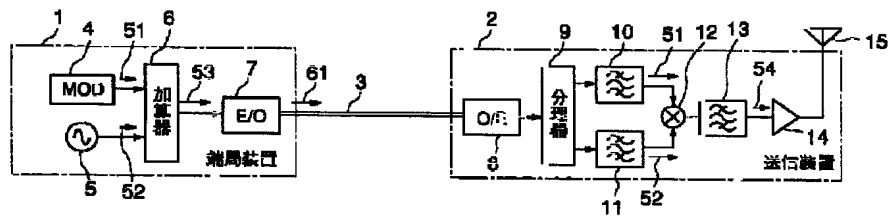
【図5】



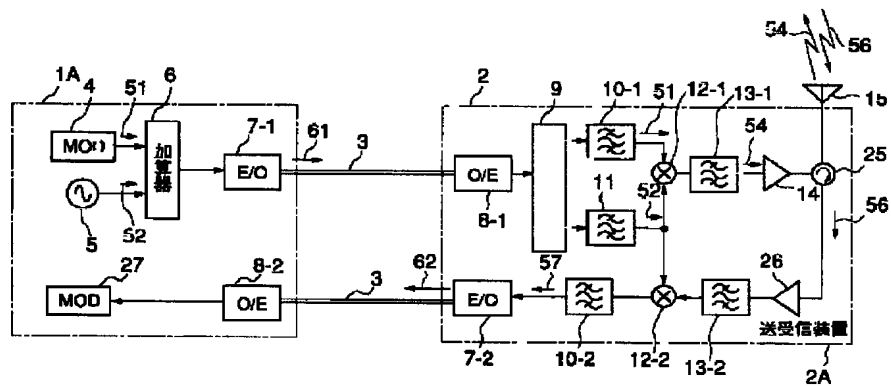
【図6】



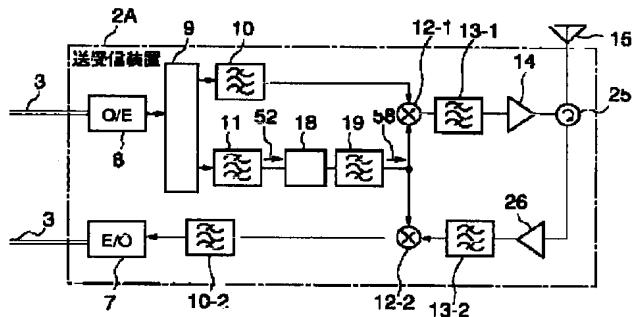
【図7】



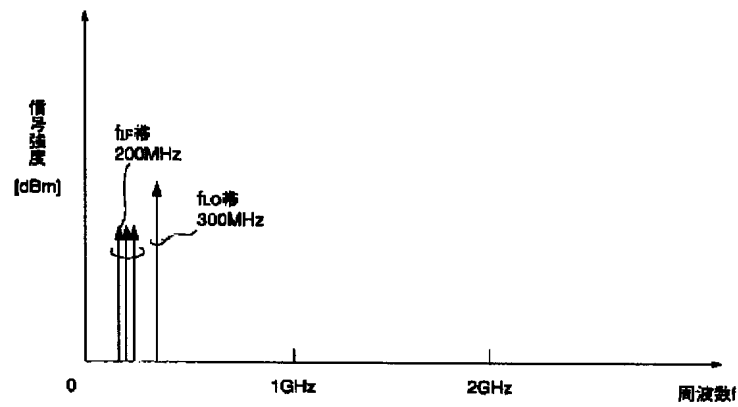
【図10】



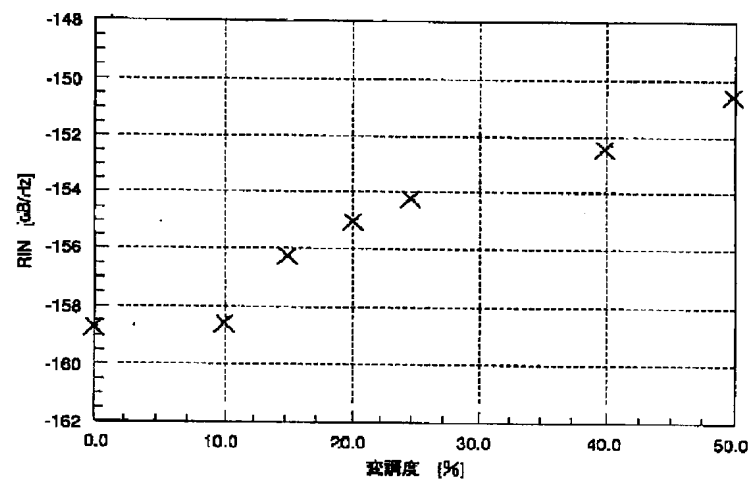
【図11】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

(51)Int. Cl.<sup>6</sup>

H04B 10/06

識別記号

F I